جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ ششم، تابستان۱۳۹۲

صص ١٦-١

پهنه بندی مخاطرات جوی منطقه‌ی شمال شرق ایران

عبّاس مفیدی[۱]- استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

سیدرضا حسین زاده- دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

محترم محمدیاریان- کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ١٣٩١/٤/١٥ تاریخ تصویب:١٣٩٢/٣/٢٦

چکیده

هدف اصلی مقاله حاضر، پهنه‌بندی مخاطرات جوی در شمال‌شرق ایران (خراسان بزرگ) می‌باشد. برای این منظور از داده‌های سازمان هواشناسی کشور در مقیاس روزانه و ماهانه برای تعداد ۱۷ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در محدوده سه استان خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی برای یک دوره ۳۸ ساله(۲۰۰۸-۱۹۷۱) استفاده شد. در این تحقیق تعداد ۱۳ مخاطره جوّی مهم در محدوده خراسان بزرگ مورد بررسی قرار گرفت. بطور کلی پدیده‌ها در قالب دو روش اصلی مورد بررسی قرار گرفت و نقشه‌های فراوانی وقوع به تفکیک برای هریک از مخاطرات با بهره گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شد. در ادامه با در نظر گرفتن میزان مشابهت‌ها و تفاوت‌ها، ۱۳ مخاطره جوی یاد شده در قالب ۳ دسته اصلی مخاطرات دمایی، مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات بارشی دسته بندی شدند و برای هر دسته نقشه پهنه بندی فضایی تهیه گردید. در نهایت با ترکیب نتایج حاصل از بررسی تمامی مخاطرات، نقشه جامع مخاطرات جوّی منطقه مطالعاتی تهیه شد. یافته‌های تحقیق نشان داد بخش‌های کوهستانی شمال خراسان از جهت فراوانی وقوع رخدادها، جزء پرمخاطره ترین مناطق محسوب می‌گردند، درحالی که بخش‌های غربی و جنوبی خراسان از کمترین میزان خطرپذیری برخوردارند. الگوی فضایی وقوع مخاطرات بیانگر روند افزایشی مخاطرات دمائی از شمال به جنوب بوده و در مقابل مخاطرات بارشی از الگویی معکوس برخورداراند، مخاطرات مرتبط با دید یک الگوی غالب مداری را بویژه در نیمه شمالی خراسان نشان می‌دهند، بطوری که از غرب به شرق بر میزان وقوع رخدادهای مرتبط با دید افزوده می شود.

کلید واژه‌ها: مخاطرات جوی، پهنه بندی اقلیمی، خراسان بزرگ.

---

۱ نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۵۳۲۵۳۹۷۱ Email: abbasmofidi@um.ac.ir

۱. مقدمه

آب وهوا مسبّب بسیاری از مخاطرات طبیعی است. این مخاطرات در طول تاریخ بطور مداوم زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده و موجب وارد آمدن خسارت به محیط گردیده اند. در این راستا مخاطرات جوّی که خود از زیر مجموعه‌های مخاطرات طبیعی محسوب می گردد، با منشأ جو عمل می‌کنند. مخاطرات جوی تنها زمانی به رسمیت شناخته می‌شوند که رخدادهای حدّی، فشار سنگینی را برپیکره جوامع انسانی وارد نمایند. در واقع رخدادهای حدّی زمانی یک «مخاطره» تلقی می‌گردند که سطح حداقلی از ضرر و زیان را بر جوامع انسانی و دارایی‌ها و اموال او تحمیل نمایند (اسمیت[۱]، ۱۹۹۷: ۳۰٤). مخاطرات جوی تقریباً در همه جای کره زمین بوقوع می‌پیوندند و مکان‌های معدودی در دنیا وجود دارد که از اثرات آنها مصون مانده و یا کمتر تحت تأثیر آنها قرار گرفته باشند. هر یک از عناصر جوی می‌توانند به تنهایی مخاطرات جوی مهمی مانند موج گرمایی و گرمازدگی، بادهای شدید، توفان، بارش سنگین، تگرگ، یخبندان و سرمازدگی را در پی داشته باشند. اما بیشترین خسارات جانی و مالی بر اثر پدیده‌های جوی ترکیبی و خطرات ثانویه ناشی از آنها ایجاد می‌گردند (سازمان هواشناسی مازندران، ۱۳۹۰).

بر اساس آمارهای بین المللی تاکنون حدود ٤۳ مخاطره طبیعی شناسایی شده است. از این تعداد، ۳٤ مخاطره در کشور ما وجود رخ می‌دهد که قریب به۹۰تا ۹۵ درصد از آنها منشأ آب و هوایی دارند. در بین مخاطرات طبیعی فراوان‌ترین مخاطرات، گردبادها هستند که بیشتر آنها در ایالات متحده آمریکا رخ می‌دهند. میزان وقوع این مخاطره جوی، در اواخر قرن بیستم، از هر مخاطره طبیعی دیگری بیشتر بوده است (بیش از ۲۵۰ رخداد در سال). سیل‌ها وسیکلون‌های حاره ای از نظر فراوانی بعد از گردبادها قرار دارند. سونامی نیز در رتبه چهارم قرار دارد. در این میان حدود ۸٦ درصد از مخاطرات طبیعی قرن بیستم را مخاطرات اقلیمی تشکیل داده است (محمدی،۱۳۸۷). از سویی، موقعیت کشور ما چه از نظر زمین‌لرزه و چه از نظر تغییرات بارش، دما و پدیده‌های ناشی از آنها نگران کننده بوده، بطوری که به عنوان دهمین کشور بلاخیز دنیا شناخته شده است. در این میان، شمال‌شرق کشور دارای آب وهوای نیمه مرطوب تا نیمه خشک است. با توجه به شرایط اقلیمی، این منطقه هر از چندگاهی تحت تأثیر بارش‌های سنگین قرارگرفته و متعاقب آن وقوع سیل‌های مهیب خسارات جانی و مالی هنگفتی برجای می گذارد. بیشترین حوادث غیر مترقبه استان خراسان به ترتیب زلزله، سیل، سرمازدگی وخشکسالی است. به طوری که سرمازدگی و سیل‌های اخیر فقط در استان خراسان رضوی ۷٤۰ میلیارد ریال خسارت به دنبال داشته است (خبرگزاری مهر، ۱۳۹۱).

---

۱ Smith

به خاطر اهمیت موضوع سلامت وامنیت انسان‌ها تاکنون مطالعات زیادی در مورد مخاطرات محیطی و جوی در دنیا صورت گرفته است. تحقیق نظام مند در مورد مخاطرات طبیعی، در واقع با کارهای گیلبرت وایت[۱] (۱۹٦۳؛ ۱۹٤۵) آغاز گردیده است. با توجه به تنوع بسیار زیاد مخاطرات جوی و حجم بسیار زیاد تحقیقات انجام شده در این زمینه، در ادامه تنها به برخی از پژوهش ها اشاره خواهد شد. پژوهش‌های انجام شده در قالب سه دسته اصلی مخاطرات، شامل مخاطرات بارشی، مخاطرات دمایی و مخاطرات مرتبط با دید مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

در سال ۱۹۹۸ در پرتقال به منظور تحلیل خشکسالی‌ها یک مدل توزیع منطقه ای به کارگرفته شد و نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی و منحنی‌های شدت، مساحت و فراوانی خشکسالی ترسیم گردید (هنریکوزو[۲] ،۱۹۹۸). دلا زیوس[۳] وهمکارانش (۲۰۰۰) براساس تحلیل منحنی‌های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی، نقشه‌های هم شدت خشکسالی را برای یونان ترسیم نمودند و به این نتیجه دست یافتند که نواحی شمالی یونان نسبت به نواحی جنوبی آن از خشکسالی‌های شدیدتری برخوردار است. در مطالعه مخاطرات اقلیمی در سطح کشور، سلطانی و سعادتی (۱۳۸٦) نیز به پهنه‌بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از شاخص SPI پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که به طورعمده خشکسالی‌های متوسط و شدید در محدوده ایستگاه داران و فریدون شهر واقع در غرب استان اصفهان بوقوع می پیوندد. این در حالی است که خشکسالی‌های بسیارشدید عمدتاً در بخش‌های شرق- شمال شرق اصفهان و غرب شهرستان اصفهان قابل مشاهده است. ایشان همچنین مناطق دارای خطر بالای وقوع خشکسالی را به منظور برنامه ریزی‌های آتی و اتخاذ سیاست مدیریتی مشخص نموده‌اند. بداق جمالی وجوانمرد (۱۳۸۱) پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان را با استفاده از شاخص SPI انجام دادند که در نهایت نقشه‌های پهنه بندی خشکسالی استان خراسان را با استفاده از دو مدل عکس فاصله و گریجینگ ارائه نموده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نمایه SPI به عنوان ابزاری مناسب جهت پایش شرایط خشکسالی استان خراسان قابل استفاده است. استرلینگ[٤] (۱۹۸۹) درتحقیقی جامع با توجه به منشأ، مورفولوژی و در عین حال میزان بارشی که هرسامانه تندری ایجاد می‌نماید اقدام به پهنه بندی مناطق مختلف آمریکا نمود. استرلینگ درنهایت ۵ منطقه مشخص را برای وقوع توفان‌های تندری در آمریکا معرفی نموده است. وی در تحقیق دیگری از توفان‌های تندری به عنوان معضل مهم آمریکا در قرن بیستم یاد نموده است. در ایران غیبی وهمکاران (۲۰۰۳) با استفاده از تصاویرماهواره‌ای و روش شبکه‌های عصبی اقدام به تعیین

---

۱ White
۲ Henriques
۳ Delazios
٤ Easterling

ویژگی‌ها وطبقه بندی توفان‌های تندری در مناطق جنوب وجنوب‌غرب کشور نموده اند. اتیکن و بـران[۱] (۲۰۰۱) مطالعه‌ای پیرامون کلیماتولوژی بارش تگرگ در کانادا طی دوره۱۹۹۳–۱۹۷۷ انجام دادند و در این تحقیق به ایـن نتیجه دست یافتندکه بالاترین فراوانی وقوع تگرگ در شهرهای بریتیش کلمبیا و آلبرتا اتفاق می افتـد وهمچنـین توپوگرافی در توزیع مکانی بارش تگرگ نقش مؤثری ایفا می‌کند. کاری مشابه، بداق جمالی وهمکـاران (۱۳۸۹) پدیده تگرک را در ایران مورد بررسی قرار داده و روش‌ها و راهکارهایی برای کنترل و مقابله با آن ارائه نمودنـد. آنها به این نتیجه رسیدند که از نظر وقوع، استان‌های چهار محال بختیاری، ایلام، تهـران وکردسـتان از بـالاترین میزان متوسط سالانه وقوع تگرگ (در حدود ٤ بار) برخوردارند. همچنین بیشترین سطح زیر کشت آسیب دیـده مربوط به محصول گندم آبی با میانگین سالانه ۸، ۱۲٦۹۰، هکتار برای کل کشور می‌باشد.

در رابطه با مخاطرات مرتبط با دید، انگلستادلر[۲] (۲۰۰۱) در پهنه‌بندی مکانی فراوانی وقـوع گـرد وغبارهـای جهان برنقش بستر خشک دریاچه‌ها و صـحرای بـزرگ آفریقـا بـه عنـوان مولـد اصـلی گردوغبـار تأکیـد دارد. ناسادرج[۳] و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی و تجزیه و تحلیل وقوع توفان‌های گرد وخاک در مغولستان پرداختنـد. در ابتدا به ترسیم نقشه توزیع توفان‌های گرد وغبار مبادرت ورزیدند و از این مطالعه نتیجـه گرفتنـد کـه وقـوع توفان‌های گرد وخاک در کوهستان‌های آلتایی، ختنی، خانگایی کمتر از ۵ روز بوده، در حـالی کـه در صـحرای گبی و نواحی نیمه بیابانی تعداد توفان‌ها به ۲۰ تا ۳۷ مورد در سال بالغ مـی گـردد. در ایـران، علیجـانی (۱۳۷٦) ضمن بررسی علـل وقـوع گـرد و غبارهـا، نقشـه توزیـع مکـانی و زمـانی وقـوع گردوغبارهـا را ارایـه نمـود. اسماعیلی(۱۳۸۵) با استفاده از فناوری سنجش از دور به پهنه بندی مقدماتی مراکز اصـلی تولیـد غبـار درکشـور مبادرت ورزیده است. لشکری وکیخسروی (۱۳۸۷) به تحلیل آماری- سینوپتیکی توفان‌های گرد وغباری اسـتان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۲۰۰۵–۱۹۹۳ پرداختند. مهرشاهی و نکونام (۱۳۸۸) بـه بررسـی آمـاری پدیـده گردوغبار و تحلیل الگوی وزش بادهای مولد گرد وغبار در شهرستان سبزوار پرداختنـد وبـه ایـن نتیجـه دسـت یافتند که بیشترین احتمال وقوع گرد وغبار در ماه‌های اردیبهشت و خرداد است و در بیش از ۷۱ درصـد مواقـع پدیده یاد شده در ساعات بعد از ظهر بوقوع می‌پیوندد.

مخاطرات دمایی از جمله مخاطراتی محسوب می‌گردند که گستره بسیار وسیعی را در سـطح جهـان از خـود متأثر می سازند و در عین حال حجم بالایی از تحقیقات انجام شده را بـه خـود اختصـاص داده انـد. مطالعـه در مورد سرما و یخبندان در جهان به مطالعه ریکناگل[٤] به حدود ۱۵۰ سال قبل بـر مـی‌گـردد (سـازمان هواشناسـی

---

۱ Etkin and Brun
۲ Engelstadler
۳ Natsagdorj
٤ Recknagle

جهانی، ۱۹۶۳). در این میان از اولین تحلیل های مکانی یخبندان می‌توان به کـار کـاپریو[۱] (۱۹۶۱) اشـاره نمـود. وی نحوه تهیه و تحلیل نقشه‌های یخبندان را ارائه کرده اسـت. وسـتال[۲] (۱۹۷۱) زمـان وقـوع اولـین و آخـرین یخبندان‌ها را برای دوره سرد سال در ایالات متحده امریکا گزارش نمود. مدلین و بلترانـدو[۳] (۲۰۰۵) پراکنـدگی مکانی یخبندان‌های دیررس بهاره و عوامل تأثیرگذار بر روی آن را در ناحیه تاکداری شمال فرانسه مورد مطالعه قرار دادند. آنها عوامل تأثیرگذار بر پراکندگی مکانی یخبندان را در دو مقیاس ماکروکلیمـا و توپوکلیمـا (عوامـل محلی و توپوگرافی) مدنظر قرار دادند. در این میان، نخستین پژوهشی که در رابطه با وقوع یخبندان در ایران بـه انجام رسید می توان به کار هاشمی (۱۳۴۸) اشاره نمود که در آن با استفاده از آمـار ۶۰ سـاله تهـران، احتمـالات وقوع سرما و تاریخ‌های اولین و آخرین یخبندان‌ها را در چهار آستانه حرارتی با استفاده از توزیع نرمـال بررسـی نمود. از سویی، حیدری و سعیدآبادی (۱۳۸۶) به ناحیه بندی سوزباد درشمال غرب وغرب ایران پرداختند. گـل رخ (۱۳۸۹) بررسی مشابه‌ای را برای شمال شرق ایران به انجام رسانید. گل رخ در مطالعه سـوزبادهای خراسـان بیان می‌کند که علاوه بر دو عامل عرض جغرافیایی و ارتفاع، توپـوگرافی منطقـه نیـز در وقـوع سـوزبادها مـؤثر می‌باشد. ایشان وقوع سوزباد در خراسان را ناشی از فرارفت هوای سرد پرفشـار سـیبری بـه ویـژه در اوج دوره سرد سال می‌داند. همچنین گذرجبهه‌های سرد را نیز عامل دیگری برای وقوع سـوزباد در سـطح منطقـه معرفـی می‌نماید. با توجه به این که شمال‌شرق ایران هرساله خسارات هنگفت مـالی و جـانی را در نتیجـه وقـوع انـواع مخاطرات جوی چون خشکسالی، سیل، سوزباد، تگرگ و غیره متحمل مـی‌شـود. شـناخت دقیـق منـاطق دارای پتانسیل بالای مخاطرات جوی، همچنین تعیـین اسـتعداد بلاخیـزی منـاطق مختلـف خراسـان بـزرگ مـی‌توانـد اطلاعات مناسب و با ارزشی را درجهت پیشگیری و یا کنترل این بلایا فراهم آورد. بر این اسـاس هـدف اصـلی پژوهش حاضر، پهنه‌بندی مخاطرات جوی خراسان بزرگ می‌باشد. بر این اسـاس، مطالعـه حاضـر در صـدد آن است که ضمن بررسی مجزای هریک از مخاطرات جوی در منطقه شمال شرق ایران، پهنه‌بندی جامعی از میـزان وقوع مخاطرات جوی در خراسان بزرگ ارائه نماید.

۲. منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این مقاله منطبق بر مرزهای جغرافیـایی سـه اسـتان خراسـان شـمالی، خراسـان رضـوی و خراسان جنوبی است که با وسعت حـدود ۳۰۰ هـزار کیلـومتر مربـع بـین ″۲۱ °۳۰ تـا °۳۸ ′۱۷ عـرض شـمالی و°۵۵ ′۲۸ تا °۶۱ ′۱۴ طول شرقی واقع شده است. این منطقه بـه دلیـل گسـترش قابـل توجـه در امتـداد عـرض جغرافیایی و همچنین میزان تأثیرپذیری آن از جریان‌های هوایی مختلـف بـه خصـوص بادهـای غربـی، پرفشـار

۱ Caprio
۲ Vestal
۳ Beltrando

سیبری، بادهای ۱۲۰ روزه و جریان‌های جنوب غربی از تنوع اقلیمی قابل توجهی برخوردار است. این منطقه یک نوار گذار از بیابان‌های واقعی در جنوب تا اقالیم مرطوب و نیمه‌مرطوب در شمال و از بیابان‌های گرم تا بیابان‌های سرد را دربر می‌گیرد. اطلاق نام منطقه شمال‌شرق و یا خراسان بزرگ صرفاً یک مفهوم جغرافیایی داشته و اغلب محققین و پژوهشگران با هر دو نام آشنایی کافی دارند. تنوع شرایط اقلیمی، تنوع مخاطرات را در منطقه به دنبال دارد و این در حالی است که هنوز مطالعه جامعی که تمامی مخاطرات جوی را بطور یکجا و در ارتباط با هم برای منطقه مطالعاتی مورد بررسی قرار دهد، صورت نگرفته است. به عبارت دیگر هیچ گونه پهنه بندی ترکیبی نیز برای تبیین وضعیت وقوع مخاطرات جوی برای شمال شرق کشور به انجام نرسیده و این مقاله بدین منظور ارایه گردیده است.

۳. مواد و روش‌ها

برای انجام پژوهش از داده‌های دیده‌بانی ایستگاه‌های هواشناسی، شامل بارش، دمای متوسط، دمای حداقل، دمای حداکثر، جهت و سرعت باد، وضعیت دید و وضعیت هوا استفاده شد. داده‌های فوق در مقیاس‌های روزانه و ماهانه از سازمان هواشناسی کشور برای تعداد ۱۷ ایستگاه سینوپتیک در محدوده سه استان خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی (خراسان بزرگ) دریافت شد و برای یک دوره ۳۸ ساله (۲۰۰۸-۱۹۷۱) مورد استفاده قرار گرفت. شکل۱ محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های استفاده شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

روش انجام تحقیق در این مقاله به صورت مرحله به مرحله به شرح زیر بیان می‌گردد:

الف- تعیین مخاطرات جوی برای منطقه در وهله اول بر اساس سوابق موجود، گزارش‌ها و بررسی‌های پیشین و درگام دوم براساس پردازش‌های انجام شده بر روی داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی صورت گرفت. بررسی‌ها بیانگر آن است که تعداد مخاطرات جوی برای محدوده خراسان بزرگ به ۱۳ مورد بالغ می گردد، که عبارتند از: ۱- یخبندان ۲- روزهای توأم با غبار ۳- تگرگ ٤- توفان تندری ٥- بارش شدید ٦- بارش حدّی ۷- امواج گرمایی ۸- سوزباد ۹- کولاک (باد شدید توأم با برف) ۱۰- مه گرفتگی ۱۱- خشکسالی (شدید و خیلی شدید) ۱۲- برف سنگین ۱۳- توفان گردوغبار.

ب- پس از تعیین انواع مخاطرات جوی در سطح منطقه، جهت استخراج میزان فراوانی وقوع هر یک از مخاطرات به یکی از دو روش زیرعمل گردید:

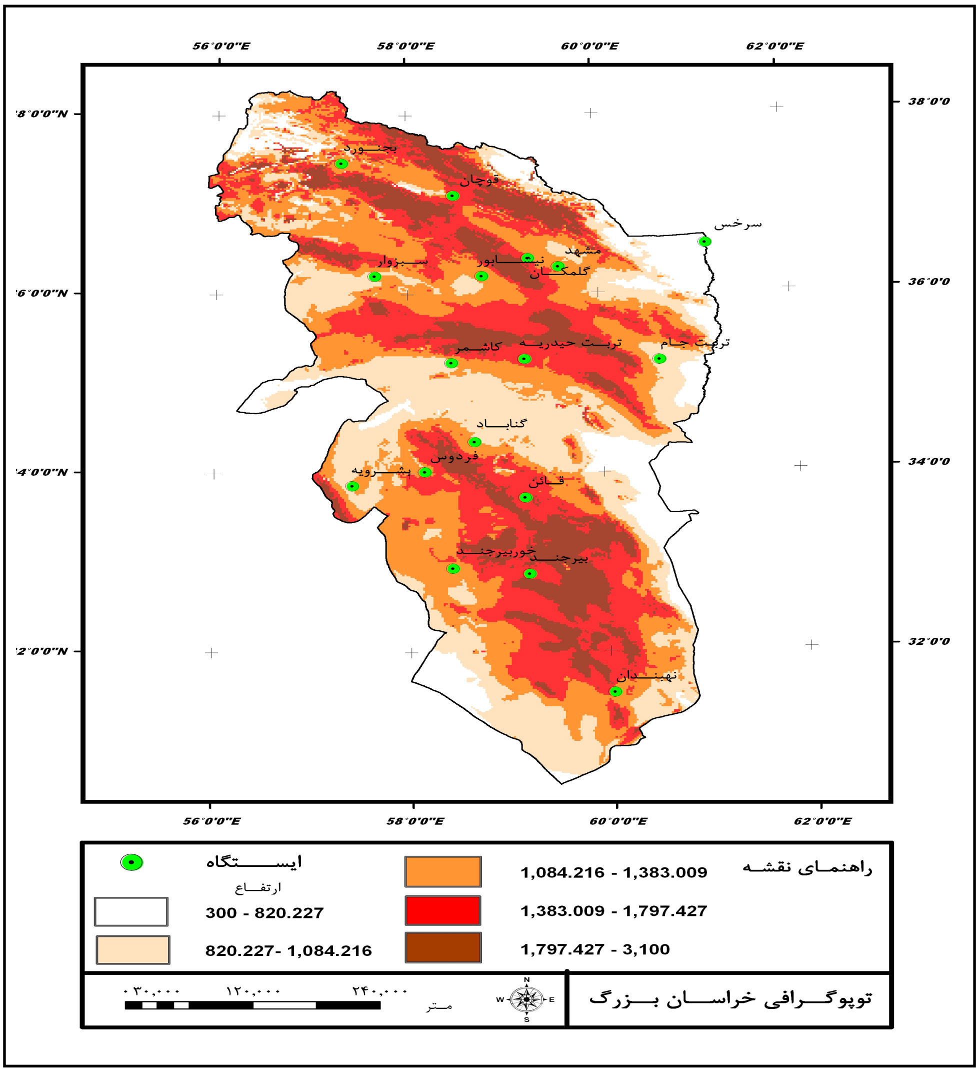
۱- استفاده از کدهای هواشناسی معین که توسط سازمان هواشناسی جهانی برای هریک از پدیده‌ها تعیین گردیده و بیانگر پدیده‌های جوی مختلف از جمله مخاطرات جوی هستند. کدهای یادشده از جدول وضعیت

جوی (WW) که به صورت ۳ ساعته توسط سازمان هواشناسی کشور تهیه گردیده، قابل استخراج می‌باشند (جدول ۱). در این رابطه برای تعیین مخاطراتی چون تگرگ، بادهای شدید، توفان تندری و صاعقه، برف سنگین، کولاک، مه گرفتگی و توفان‌های گردوغباری و روزهای توأم با گردوغبار از فایل داده های۳ ساعته سازمان هواشناسی کشور برای تعداد ۱۷ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در سطح منطقه برای یک دوره ۳۸ ساله استفاده شد. کدهای مربوط به هریک از مخاطرات جوی در جدول ۱ آورده شده است. با استفاده از داده‌های دیده بانی ساعتی وضعیت جو، فراوانی وقوع تعداد ۷ مخاطره جوی استخراج شد.

۲- برای برخی از مخاطرات جوی همچون یخبندان، خشکسالی، بارش‌های شدید و حدّی، امواج گرمایی و سوزباد کاربرد دارد. برای این پدیده ها روش‌های بررسی مجزا و ویژه ای طراحی گردیده تا بتواند به شکل مناسبی بیانگر وقوع این پدیده ها باشد. روش محاسبه این دسته از مخاطرات جوی نیز در جدول ۱ ارائه گردیده است.

پس از استخراج داده‌های فراوانی وقوع سالانه برای هر یک از مخاطرات، با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های فراوانی وقوع به تفکیک برای هریک از مخاطرات تهیه شد. از آنجایی که شیوه درون‌یابی مورد استفاده می‌تواند نتایج نهایی حاصل از تحقیق را بطور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر خود قرار دهد، به همین جهت، در این مرحله ابتدا سه روش درون‌یابی IDW[۱] ، اسپلاین[۲] وکریجینگ[۳] بر روی داده‌ها آزمون شد و در نهایت روش کریجینگ به جهت نتایج منطقی‌تر و ارائه فضایی مناسب‌تر مخاطرات، بر سایر روش‌ها ترجیح داده شد و برای انجام پهنه‌بندی نهایی مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب در محیط ArcGIS برای هر یک از مخاطرات، نقشه فضایی از میزان وقوع تهیه شد. برای آن که در پهنه‌بندی مخاطرات جوی، تمامی مخاطرات (لایه‌های اطلاعاتی ورودی) از وزن و ارزش برابری برخوردار باشند، از ابتدا، فراوانی وقوع تمامی مخاطرات در پنج طبقه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد دسته‌بندی شد. در عین حال، جهت خلاصه کردن و دریافت یک دید جامع از میزان وقوع و پراکندگی مخاطرات جوی در خراسان بزرگ، انواع مخاطرات مورد بررسی با در نظر گرفتن ماهیت در سه دسته اصلی مخاطرات جوی شامل مخاطرات دمایی، مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات بارشی دسته بندی شدند.

---
۱ Inrerse Distence Weghted Interpolation
۲ Spline
۳ Kriging



شکل ۱ توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و پراکندگی ایستگاه‌های اقلیمی

– **مخاطرات بارشی**: شامل بارش شدید، بارش حدّی، برف سنگین، توفان تندری، تگرگ و خشکسالی (خشکسالی بسیار شدید و خشکسالی شدید). نتیجه ترکیب مخاطرات یادشده با عنوان نقشه پهنه بندی مخاطرات بارشی خراسان ارائه گردید.

– **مخاطرات مرتبط با دید**: روزهای توأم با گرد و غبار، مه گرفتگی، توفان‌های گرد وغباری و کولاک.

– **مخاطرات دمایی**: یخبندان، سوزباد و امواج گرمایی.

در آخرین مرحله از تحقیق، با ادغام اطلاعات مربوط به تمامی مخاطرات جوی، نقشه نهایی مخاطره خیزی خراسان تهیه شد. لازم به یادآوری است که، در این مرحله نیز اطلاعات مربوط به تمامی مخاطرات جوی در پنج

طبقه و با ارزش گذاری برابر در تولید نقشه نهایی مورد استفاده قرار گرفت. شایان ذکر است مخاطره کولاک، علی رغم تصورذهنی، در خراسان مشاهده نگردیده است.

جدول ۱ روش‌های محاسبه یا حدود تشخیص انواع مخاطرات جوی

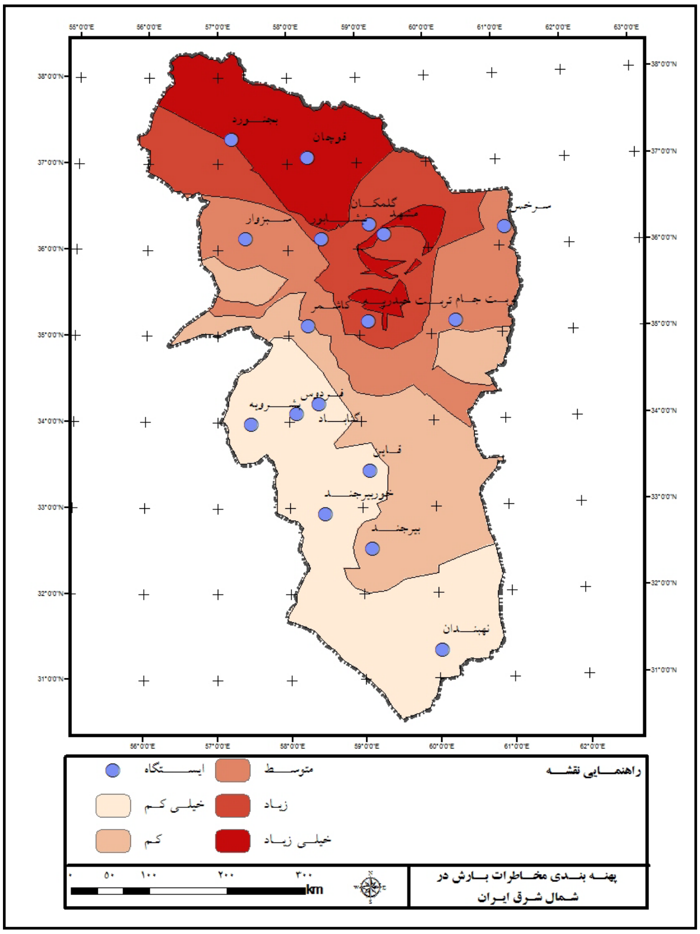
مخاطرات	مخاطرات	روش کار
مخاطرات بارشی	خشکسالی	جهت محاسبه خشکسالی از شاخص SPI استفاده شد. با استفاده از داده‌های بارش ماهانه طبق رابطه (۱) میزان آن محاسبه گردید. در این رابطه مقادیر ۲ و بالاتر به عنوان ترسالی بسیار شدید و مقادیر ۲- و کمتر به عنوان خشکسالی بسیار شدید در نظر گرفته شد. در این پژوهش از SPI ۱۲ماهه استفاده شد. $SPI = \frac{X_{ik}\ \overline{X}_i}{\sigma_i}$ رابطه (۱) σ= انحراف از معیار داده‌های i امین ایستگاه. X_{ik}= مقادیر بارندگی برای i امین ایستگاه و k امین مشاهده. $\overline{X}_i$ = متوسط بارندگی ایستگاه i ام
	تگرگ	کدهای ۹۹-۹۶-۹۴-۹۳-۹۰-۸۸-۸۷ و ۲۷
	برف سنگین	کدهای ۷۳ تا ۷۵
	توفان تندری	کدهای ۹۲ تا ۹۹
	بارش شدید و بارش حدّی	بارش شدید و حدی بر اساس روش آستانه درصدی (مفیدی و همکاران، ۱۳۸۶) و با استفاده از داده‌های بارش روزانه یک دوره ۱۶ ساله (۲۰۰۷ – ۱۹۹۲) استخراج شد. در این روش ابتدا برای هریک از ایستگاه‌های خراسان، مقادیر آستانه بارش شدید و حدی براساس ۵٪ و ۱۰٪ از مقادیر بارش متوسط سالانه آن ایستگاه تعیین گردید. سپس یک آستانه متوسط برای کل خراسان بزرگ به دست آمد. میزان بارش شدید و حدی برای خراسان بزرگ به ترتیب۹/۸۰ و ۱۹/۶۱ میلی متر تعیین گردید.
مخاطرات دمایی	یخبندان	از داده‌های حداقل دمای روزانه ماه‌های اکتبر تا می استفاده شد و دمای صفر درجه و کمتر در نظر گرفته شد.
	امواج گرمایی	از داده‌های حداکثر دمای روزانه طی دوره آماری ۱۶ ساله (۲۰۰۷ – ۱۹۹۲) استفاده گردید. میانگین درازمدت دمای حداکثر برای هر ماه و هر ایستگاه محاسبه شد. بر اساس تعریف سازمان هواشناس جهانی، در صورتی که برای ۵ روز متوالی دمای حداکثر در یک ایستگاه، ۵ درجه سانتیگراد بالاتر از میزان درازمدت دمای حداکثر آن ماه بود به عنوان یک موج گرمایی لحاظ گردید (گلیکمن، ۲۰۰۰؛ فریچ و همکاران، ۲۰۰۲). برای این بخش از تحقیق، داده‌های دوره گرم سال (آوریل تا اکتبر) مورد استفاده قرار گرفت.
	سوزباد	محاسبه سوزباد براساس معادله (۲) و با استفاده از داده‌های دمای حداقل روزانه ۱۶ سال آماری (۲۰۰۷ – ۱۹۹۲) انجام شد. $\text{Wind Chill}= ٣٥.٧٤ + ٠.٦٢١٥\mathbf{T} - ٣٥.٧٥(\mathbf{V}^{٠.١٦}) + ٠.٤٢٧٥\mathbf{T}(\mathbf{V}^{٠.١٦})$ رابطه (۲) V– سرعت باد به مایل برساعت، T– دمای هوا در۲ متری به درجه فارنهایت. سپس از روی جدول درجه بندی دمای سوزباد (اوسزووسکی و بلوشتاین، ۲۰۰۵)، سوزبادها برای هر ایستگاه استخراج شد. محاسبات برای ماه‌های سرد سال (اکتبر تا آوریل) انجام شد. در این تحقیق درجه شدت سوزباد مد نظر نبوده و تنها روزهای همراه با سوزباد از سایر روزها جدا گردید.
مخاطرات دیدی	توفان گردوغبار	کدهای ۶ تا ۹ و ۳۰ تا ۳۵ همراه با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر
	روزهای غباری	از داده‌های روزهای توأم با غبار (از مجموع داده‌های دیده بانی ساعتی وضعیت جو) سازمان هواشناسی کشور استفاده شد.
	مه گرفتگی	کدهای دیده بانی ۴۹-۴۰ از فایل متنی سازمان هواشناسی کشور استخراج گردید.
	کولاک (Blizzard)	کدهای ۳۹-۳۸ و ۷۳-۷۰ (بارش برف سبک، متوسط و سنگین)، بعلاوه سرعت باد ۵۶ کیلومتر در ساعت و بیشتر، همراه با دید افقی کمتر از ۴۰۰ متر که حداقل به مدت ۳ ساعت تداوم یابد (برانیک، ۱۹۹۷؛ شوارتز و شمیدلین، ۲۰۰۲؛ شوارتز، ۲۰۰۵). با توجه به شرایط منطقه، در این تحقیق از دید کمتر از ۱۰۰۰ متر استفاده شده است.

۴. بحث و نتایج

۴. ۱. پهنه بندی مخاطرات بارشی در خراسان بزرگ

نقشه ترکیبی (شکل ۲) مخاطرات بارشی در برگیرنده بارش شدید، بارش حدّی، برف سنگین، توفان‌هـای تنـدری، تگرگ و خشکسالی (خشکسالی شدید و خشکسالی بسیار شدید) می باشد. ویژگی‌های کلی مخاطرات بارشـی را بـه شکل زیر می توان خلاصه نمود:

– بخش شمالی استان دارای بیشترین میزان وقوع مخاطرات بارشی است. به عبارتی مناطق شـمالی محـدوده مـورد مطالعه، مخاطره آمیزترین مناطق از لحاظ بارشی و خطرات مربوط به آن محسوب می گردند. در عـین حـال هرچـه از شمال منطقه به سمت جنوب پیش رویم میزان این دسته از مخاطرات کاهش می یابد. به نظـر مـی رسـد ارتفـاع زیـاد مناطق شمالی، به همراه فراوانی عبور سامانه‌های باران زای غربی از محدوده شمالی، از جمله عوامل افزایش ایـن دسـته از مخاطرات در شمال منطقه مورد مطالعه باشند.



شکل ۲ مخاطرات بارشی در منطقه مورد مطالعه

– شمال‌شرق محدوه مورد مطالعه نیز به نوعی در ردیف دوم از لحاظ مخاطره قرار می‌گیرد. در این منطقه مخاطرات بارشی، فراوانی زیاد تا متوسط را تجربه می‌نمایند. ایستگاه‌های قوچان، بجنورد، گلمکان، مشهد، تربت حیدریه و نیشابور در بالاترین طبقه از این مخاطره (فراوانی وقوع خیلی زیاد) جای می گیرند. بررسی اجمالی نقشه‌ها و جداول تهیه شده برای هر یک از مخاطرات جوی مرتبط با این دسته (در اینجا نشان داده نشده اند)، خصوصیات مشابه‌ای را از نظر پراکندگی فضایی وقوع هر یک از مخاطرات نشان می‌دهد.

۲. ۴. پهنه‌بندی مخاطرات مرتبط با دید در خراسان بزرگ

شکل۳ از ترکیب سه مخاطره روزهای توأم با غبار، توفان‌های گرد وغباری و مه گرفتگی ترسیم شده است. نتایج بررسی به شرح زیر می باشد:

– بالاترین فراوانی وقوع مخاطرات دید در شمال‌شرق خراسان بزرگ مشاهده می‌شود. ایستگاه‌های مشهد، گلمکان و سرخس از جمله ایستگاه‌هایی هستند که در پهنه‌بندی مخاطرات جوی مرتبط با دید، بالاترین میزان وقوع را تجربه می‌کنند(شکل۳).

– به‌طور کلی بخش‌های شمالی و شمال‌شرق منطقه مورد مطالعه در دسته‌بندی مخاطرات دید بسیار زیاد، زیاد و متوسط جای می‌گیرند و بدین ترتیب این مناطق بیشترین خطر را دارا می‌باشند.

– بخش‌های شمال‌غرب، مرکز و منتهی‌الیه جنوب خراسان نیز با درجات کمتری این مخاطره را تجربه می نمایند. در واقع از لحاظ مخاطرات مرتبط با دید، مکان‌های امن‌تری محسوب می‌گردند. بررسی تفکیکی هر یک از مخاطرات این گروه مبیّن آن است که علت پایین بودن فراوانی وقوع مخاطرات دید در مناطق یادشده، در درجه اول پایین بودن تعداد روزهای مه‌آلود و در درجه بعدی تعداد کمتر روزهای دارای غبار یا توفان‌های گردوغباری است.

– ایستگاه‌های کاشمر، سبزوار، تربت حیدریه، گناباد و بیرجند کمترین میزان وقوع مخاطرات جوی مرتبط با دید را تجربه می‌کنند و بدین‌ترتیب از کم خطرترین مناطق خراسان محسوب می‌گردند.

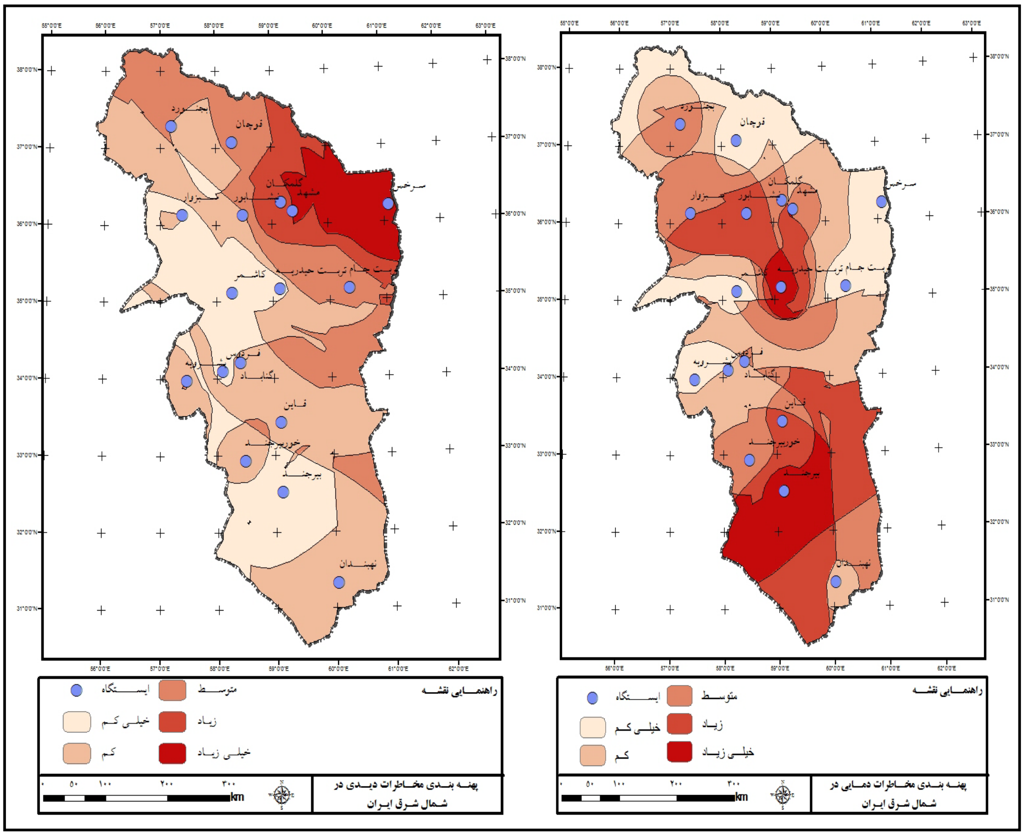
– بطور کلی می‌توان گفت مخاطرات مرتبط با دید یک الگوی غالب مداری را بویژه در نیمه شمالی خراسان نشان می دهند، به‌طوری که از غرب به شرق بر میزان وقوع رخدادهای مرتبط با دید افزوده می‌شود.

۳. ۴. پهنه‌بندی مخاطرات دمایی

نقشه پهنه‌بندی مخاطرات دمایی از ترکیب ۳ مخاطره یخبندان، سوزباد و امواج گرمایی تشکیل شده است. شکل۳ بیانگر مخاطرات دمایی خراسان بزرگ است که در ذیل به بیان ویژگی‌های اصلی این دسته از مخاطرات در خراسان بزرگ پرداخته خواهد شد:

– مخاطرات جوی مرتبط با دما در مرکز بخش شمالی و بخش هایی از جنوب تا جنوب غربی خراسان بـه بیشـینه فراوانی خود رسیده و بیشترین خطرآفرینی را در این مناطق دارند.

– ایستگاه‌های تربت حیدریه، بیرجند، مشهد، گلمکان، نیشابور، قاین و خـور از جملـه ایسـتگاه‌هـایی هسـتند کـه بالاترین میزان وقوع این دسته از مخاطرات را تجربه می کنند. در مقابل، مناطق واقع در منتهی الیه شمال، شـمال شـرق و بخش‌های مرکزی در منتهی الیه غربی، از کمترین میزان مخـاطرات دمـایی برخوردارنـد و جـزء امـن تـرین منـاطق خراسان محسوب می گردند. تربت جام، کاشمر، قوچان، سرخس و بشرویه از جمله نقاطی هستند که کمتـرین میـزان وقوع مخاطرات دمایی را تجربه می نمایند. در عین حال، مخاطرات دمـایی بـا فراوانـی وقـوع متوسـط نیـز از الگـویی پراکنده در سطح منطقه برخوردارند.



شکل۳ پهنه بندی مخاطرات در خراسان بزرگ. سمت راست مخاطرات مرتبط با دید. سمت چپ مخاطرات دمایی

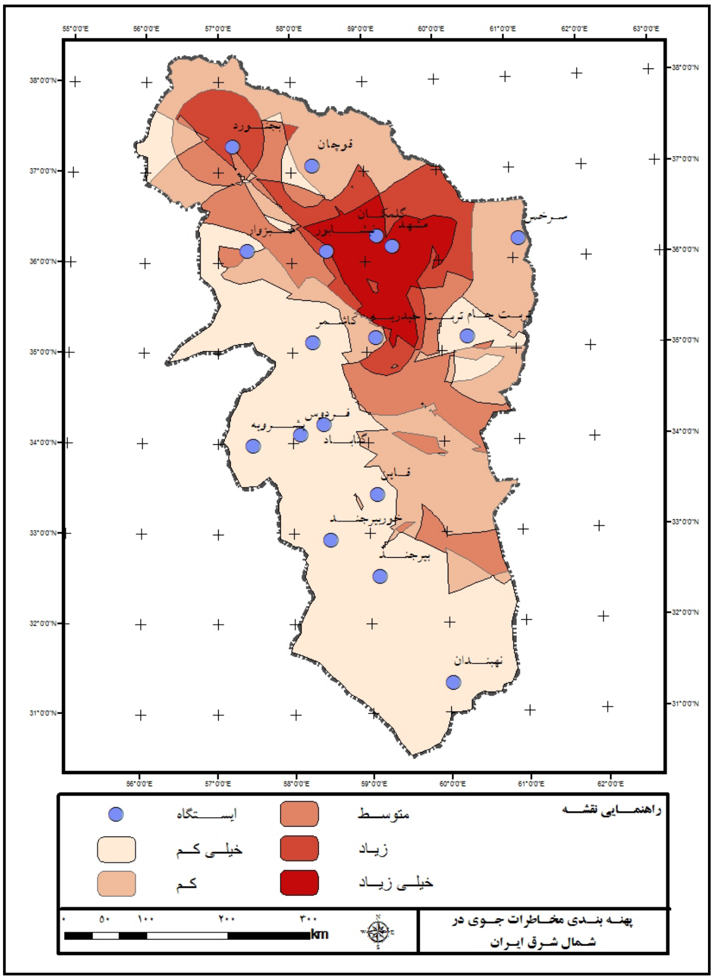
۴. ۴. پهنه‌بندی ترکیبی مخاطرات جوی

شکل ٤ از ترکیب تمامی مخاطرات جوی در خراسان بزرگ تهیه شده است و بیانگر پهنه‌بندی نهایی مخاطرات جـوی در خراسان بزرگ است. در واقع شکل ٤ نقشه نهایی این مقاله محسوب می‌گردد. نتایج نهایی به شرح ذیل است:

– در صورتی که پهنه بندی مخاطرات جوی در خراسان بزرگ را در ۵ دسته جای دهیم، می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که، نیمه شمالی خراسان بزرگ دارای فراوانی وقوع مخاطرات جوی برابر و یا بالاتر از متوسط است (شکل ٤).

– مناطق کوهستانی واقع در شمال خراسان از پرمخاطره ترین مناطق در شمال‌شرق کشور محسوب می‌گردند، به‌طوری که از نظر میزان وقوع مخاطرات جوی در طبقه بسیار زیاد جای می‌گیرند. بررسی اجمالی نقشه‌های مخاطرات بارشی، مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات دمایی چنین نتیجه‌ای را تأیید می‌نمایند. چرا که مناطق یادشده، در تمامی دسته‌بندی‌های اصلی جزء پرخطرترین مناطق محسوب می‌گردند (شکل ۲ تا شکل ۳).

– ایستگاه‌های بجنورد، گلمکان و مشهد دارای بیشترین میزان مخاطرات بوده و از لحاظ فراوانی وقوع در رده بسیار زیاد قرار می‌گیرند. ایستگاه‌های مذکور علاوه بر این که در ارتفاعات بالا و عرض‌های جغرافیایی بالا قرار دارند، در معرض توده هواهای مختلف ورودی به این منطقه بوده و به شدت از آنها متأثر می‌گردند.



شکل ۴ پهنه‌بندی ترکیبی مخاطرات جوّی در محدوده مورد مطالعه

– بخش‌های غربی و جنوبی خراسان بزرگ نیز کمترین میزان وقوع مخاطرات را تجربه می‌کنند. بخش‌های یادشده به دلیل نزدیکی به بیابان‌های مرکزی ایران تنها برخی از مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات دمایی را تجربه می کنند که نسبت‌شان از لحاظ تعداد کمتر از بخش شمالی استان می باشد. همچنین دور بودن بخش‌های غربی و جنوبی از منابع رطوبتی و قرار نگرفتن این مناطق در معرض توده هواهای مختلف، خود عاملی برای کاهش میزان مخاطرات در مناطق یادشده محسوب می گردد.

۵. نتیجه‌گیری

به منظور تعیین استعداد وقوع مخاطرات جوی در خراسان بزرگ، تعداد ۱۳ مخاطره جوّی در سطح منطقه مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی از بررسی حاضر، ارائه یک پهنه‌بندی فضایی از میزان وقوع مخاطرات جوی در محدوده شمال شرق ایران بوده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده، نتایج کلی زیر حاصل گردیده است:

– با توجه به نقشه پهنه بندی مخاطرات جوی، نیمه شمالی خراسان بزرگ از نظر فراوانی وقوع انواع مخاطرات، با قرارگیری در رتبه‌های زیاد و بسیار زیاد، بلاخیزترین منطقه در شمال شرق ایران محسوب می‌گردد. در مقابل، مناطق واقع در منتهی الیه غربی و جنوبی خراسان بزرگ از کمترین میزان وقوع مخاطرات برخوردار بوده و به نوعی امن ترین مناطق به شمار می آیند. در عین حال، بخش وسیعی از مناطق واقع در مرکز و جنوب خراسان، شرایط متوسطی را از نظر وقوع مخاطرات تجربه می‌کنند.

– در خراسان بزرگ یخبندان، سوزباد و روزهای توأم با غبار بالاترین فراوانی وقوع را در بین ۱۳ مخاطره جوی مورد بررسی نشان داده اند. درعین حال، کمترین فراوانی وقوع مخاطرات جوی نیز به ترتیب مربوط به خشکسالی بسیار شدید، خشکسالی شدید، تگرگ و بارش‌های حدّی می‌باشد.

– در میان انواع خشکسالی، بالاترین میزان وقوع انواع خشکسالی‌ها متعلق به خشکسالی با شدت متوسط است.

– بیشترین میزان وقوع بارش‌های شدید در بخش شمالی و کمترین میزان وقوع آن در بخش جنوبی خراسان بزرگ مشاهده می گردد. در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه‌های قوچان و تربت حیدریه بیشترین میزان وقوع بارش‌های شدید را تجربه می‌نمایند. در مقابل، ایستگاه‌های خور بیرجند و بشرویه کمترین میزان بارش‌های شدید را دارند.

– در بررسی مخاطرات جوی در قالب سه دسته اصلی (مخاطرات بارشی، مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات دمایی)، یافته ها بیانگر آن است که بالاترین میزان وقوع مخاطرات بارشی در شمال خراسان بزرگ مشاهده می‌گردد. در این رابطه هر چه از سمت شمال به جنوب حرکت کنیم از میزان وقوع مخاطرات بارشی کاسته می‌شود.

– یافته‌ها بیانگر آن است که مخاطرات مرتبط با دید در شمال شرق خراسان بزرگ از بالاترین تمرکز و فراوانی برخوردار است. ایستگاه‌های سرخس، گلمکان و مشهد بالاترین میزان وقوع این دسته از مخاطرات را تجربه می‌کنند. نتایج بیانگر آن است که تقریباً اکثر نقاط خراسان بزرگ مخاطرات مرتبط با دید را در رتبه کمتر از متوسط دارند.

– یافته‌های تحقیق نشان‌دهنده آن است که بخش وسیعی از خراسان بزرگ مخاطرات دمایی با رتبه بسیار زیاد و زیاد را تجربه می‌کند. در عین حال، مقایسه مخاطرات دمایی با دو دسته دیگر مخاطرات (مخاطرات بارشی و مخاطرات دید)، بیانگر گستردگی بیشتر این دسته از مخاطرات در سطح منطقه است. به‌عبارتی، توزیع فضایی مخاطرات دمایی الگویی متفاوت را در قیاس با دو دسته دیگر مخاطرات نشان می دهد؛ به‌طوری که بخش‌های وسیعی از شمال، شرق و جنوب فراوانی بالای وقوع مخاطرات دمایی را نشان می‌دهند.

فهرست منابع و مآخذ

اسماعیلی، امید؛ ۱۳۸۵. پهنه‌بندی مقدماتی مراکز اصلی تولید غبار کشور با استفاده از فناوری سنجش از دور. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست. دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.

بداق جمالی ،جواد، جوانمرد، سهیلا و شیرمحمدی، رضا؛ ۱۳۸۱. پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان بااستفاده ازSPI . فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره٦٧، ۲۱–٤.

بداق جمالی، جواد، جوانمرد، سهیلا و فاتح، شاهرخ؛ ۱۳۸۹. بررسی پدیده تگرگ در ایران و روش‌های کنترل و مقابله با تگرگ. مجموعه مقالات چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران. تهران،۲۳–۲۱ اردیبهشت ۸۹ مقالات شفاهی، فیزیک فضا، ٤۷–٤٤.

خبرگزاری مهر؛ ۱۳۸۹. گزارش بیست سوم فروردین ۱۳۸۹، شماره و پیوند گزارش www.mehrnews.com/fa/ NewsDetail.aspx?NewsID=۱۰٦۲٥۲۲.

حیدری، حسن و سعیدآبادی، رشید؛ ۱۳۸٦. ناحیه بندی سوزباد در شمال غرب وغرب ایران. پژوهش‌های جغرافیایی.شماره ٦۲، ۱۰۷ –۹۳.

سلطانی، سعید و سعادتی، سیده سارا؛ ۱۳۸٦. پهنه‌بندی خشکسالی دراستان اصفهان بااستفاده از نمایه استاندارد بارش (SPI). مجله علوم ومهندسی آبخیزداری ایران. سال اول. شماره ۲، ٦۷–٦٤.

علیجانی، بهلول؛ ۱۳۷٦. آب و هوای ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور تهران.

لشکری، حسن و کیخسروی، قاسم؛ ۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد وغبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۲۰۰٥–۱۹۹۳. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی.شماره ٦٥، ۳۳–۱۷.

گلرخ، علیرضا؛ ۱۳۸۹. بررسی تغییرات زمانی ومکانی سوزباد در استان‌های خراسان شمالی،رضوی و جنوبی. پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی. مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

مهرشاهی، داریوش و نکونام، زری؛ ۱۳۸۸. بررسی آماری پدیده گرد و غبار وتحلیل الگوی وزش بادهای گرد و غبارزا در شهرستان سبزوار. نشریه جغرافیا–انجمن جغرافیایی ایران. دوره جدید. سال هفتم. شماره ۲۲، ۱۰٤– ۸۳

محمدی، حسین؛ ۱۳۸۷. مخاطرات جوی. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

هاشمی، فریدون؛ ۱۳٤۸. تجزیه و تحلیل استاتیکی از سرمای تهران. انتشارات تحقیقات و بررسی‌های علمی هواشناسی کل کشور.

Branick,M.L. , ١٩٩٧. A climatology of significant winter-type weather events in the contiguous United States, ١٩٨٢-١٩٩٤. Weather and Forecasting ١٢, ١٩٣-١٩٩.

Caprio, J.M., ١٩٦١. A rational approach to the mapping of freeze dates. Bulletin of the American Meteorological Society ١٣, ٣٣٩-٣٤٨

Dalezios, N.R., Loukas, A., Vasiliades, L., Liakopoulos, E., ٢٠٠٠. Severity-Duration-Frequency analysis of drought and wet periods in Greece. Hydrological Sciences Journal ٤٥(٥), ٧٥١-٧٦٩.

Easterling, D.R., ١٩٨٩. Regionalization of thunderstorm rainfall in the contiguous United States. International Journal of Climatology ٩(٦), ٥٦٧-٥٧٩.

Etkin, D., and Brun, S.E., ١٩٩٩. A Note on Canada's hail climatology, ١٩٧٤-١٩٩٣. International Journal of Climatology ١٩(١٢), ١٣٥٧-١٣٧٣.

Engelstadler, S., ٢٠٠١. Dust storm frequencies and their relationships to land surface conditions. Freidrich-Schiller university press, Jena,Germany.

Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein-Tank, A.M.G., and Peterson, T.,٢٠٠٢. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. Climate Research ١٩, ١٩٣–٢١٢.

Gheiby, A., Sen,N. , Puranik, D.,and Karekar,R. , ٢٠٠٣. Thunderstorm identification from AM Su-B data using an artificial neural network. Meteorological Applications ١٠, ٣٢٩–٣٣٦.

Glickman, Todd S., ٢٠٠٠.Glossary of Meteorology .Boston , American Meteorological Society, ISBN ١-٨٧٨٢٢٠-٤٩-٧.

Henriques, A.G., and Santas, M.J., ١٩٩٨. Regional drought distribution model. Phy. Physics and Chemistry of the Earth ٢٤B, ١٩-٢٢.

Madelin, M., and Beltrando, G., ٢٠٠٥. Spatial Interpolation – Based Mapping of the Spring Frost Hazard in the Champagne Vineyards. Meteorological applications ١٢, ٥١-٥٦.

Natsagdorj, L., Jugder, D., and Chung,Y.S., ٢٠٠٣. Analysis of dust storms observed in Mongolia during١٩٣٧-١٩٩٩. Atmospheric Environment ٣٧, ١٤٠١-١٤١١.

Osczevski, R., and Bluestein, M., ٢٠٠٥. The New Wind Chill Equivalent Temperature Chart. Bulletin of the American Meteorological Society., ٨٦(١٠), ١٤٥٣–١٤٥٨.

Schwartz, R.M., and Schmidlin, T. W., ٢٠٠٢. Climatology of Blizzards in the Conterminous United States, ١٩٥٩-٢٠٠٠. Journal of Climate ١٥, ١٧٦٥-١٧٧٢.

Schwartz, R.M., ٢٠٠٥. Blizzard Climatology. In: Encyclopedia of World Climatology, Edited by John E. Oliver, Springer, ١٦٥-١٦٧.

Smith, K., ١٩٩٧. Climatic Extremes as a Hazard to Humans. In: Applied climatology, principals and practice, Russell D. Thompson and Allen Perry (eds), Rutledge (London), ٣٠٤-٣١٦.

Vestal, C.K., ١٩٧١. First and last occurrences of Low temperatures during the cold season. Monthly Weather Review ٩٩(٨), ٦٥٠-٦٥٢.

White, G.F., ١٩٤٥. Human Adjustment to floods, A Geographical Approach to the flood problem in the United States. Department of Geography Research paper No. ٢٩, University of Chicago.

White,G.F. , ١٩٦٣. The limit of economic justification for flood protection. Journal of land and public Utility Economics ١٢, ٣٣-١٤٨.

WMO., ١٩٦٣. Protection Against frost damage. Technical Note No.٥١, WMO No.١٣٣. ٦٢pp.

WWW.mazandaranmet.ir.